



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 氢气加氢站 第 7 部分：橡胶 O 形圈

Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 7: Rubber O-rings

(ISO 19880-7: 2025, IDT)

（工作组讨论稿）

（本草案完成时间：）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语、定义和符号 ..... 2

4 结构、参数和型号 ..... 2

5 沟槽尺寸 ..... 3

6 质量检验标准 ..... 4

7 抗挤压环（挡环） ..... 4

8 橡胶材料规格 ..... 4

9 使用说明 ..... 12

附录 A（规范性） 氢暴露试验方法 ..... 14

附录 B（规范性） 氢暴露试样外观检验标准 ..... 16

附录 C（资料性） O 形圈应力/应变和压缩变形试验 ..... 17

参考文献 ..... 18

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件等同采用ISO 19880-7: 2025《氢气加氢站 第7部分：橡胶O形圈》，文件类型由ISO的技术规范调整为我国的国家标准。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 氢气加氢站 第 7 部分:橡胶 O 形圈

## 1 范围

本文件适用于公称工作压力为 70 MPa、工作温度不低于-40 ℃且不高于 65 ℃的气态氢密封装置，包括阀门、过滤器、拉断阀和其他密封高压氢气装置中的橡胶 O 形圈（以下简称 O 形圈）及其沟槽。

本文件规定了 O 形圈的结构、参数、型号、O 形圈沟槽尺寸、橡胶材料配方及 O 形圈材料性能要求和测试方法，包括硬度、拉伸性能、氢暴露、压缩永久变形的试验方法。

注1：本文件根据GB/T 3452系列标准《液压气动用O形橡胶密封圈》制定。

注2：本文件根据适用于加氢站设备中的高压氢气密封件的O形圈的温度等级制定的。

注3：工作温度并非氢气温度。在装配O形圈的气体密封系统中，氢气温度最高可达180 ℃。

注4：高压氢气装置的O形圈密封系统由装置制造商设计。高压氢气装置用静态或动态高压氢气密封系统O形圈的详细规格和设计由有关各方参照本文件商定。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 528	硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定(GB/T 528-2009, ISO 37:2005, IDT)
GB/T 3452.1	液压气动用O形橡胶密封圈 第1部分：尺寸系列及公差(GB/T 3452.1-2005, ISO 3601-1:2002, MOD)
GB/T 3452.2	液压气动用O形橡胶密封圈 第2部分：外观质量检验规范(GB/T 3452.2-2007, ISO 3601-3:2005, IDT)
GB/T 3452.3	液压气动用O形橡胶密封圈 沟槽尺寸
GB/T 3452.4	液压气动用O形橡胶密封圈 第4部分：抗挤压环(挡环) (GB/T 3452.4-2020, ISO 3601-4:2008, MOD)
GB/T 3512	硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验(GB/T 3512-2014, ISO 188:2011, IDT)
GB/T 5576	橡胶和胶乳 命名法 (GB/T 5576-2025, ISO 1629:2013, MOD)
GB/T 5720	橡胶O形圈的标准试验方法
GB/T 6031	硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定(10 IRHD~100 IRHD) ( ISO 48:2010, IDT)
GB/T 7758	硫化橡胶 低温性能的测定 温度回缩程序(TR 试验) (GB/T 7758-2020, ISO 2921:2019, IDT)
GB/T 7759.1	硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第1部分：在常温及高温条件下 (ISO 815-1:2008, IDT)
GB/T 9881	橡胶 术语(GB/T 9881-2008, ISO 1382:2008, MOD)
GB/T 17446	流体传动系统及元件 词汇(GB/T 17446-2024, ISO 5598:2020, MOD)
GB/T 25269	橡胶 试验设备校准指南(GB/T 25269-2010, ISO 18899:2004, IDT)

GB 50516	加氢站技术规范
ISO 3601-1:2012	液压传动系统 O形密封圈 第1部分:内径、截面、公差和尺寸标识代码(Fluid power systems — O-rings — Part 1: Inside diameters, cross-sections, tolerances and designation codes)

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

GB/T 9881、GB/T 17446和GB 50516界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

工作温度 operating temperature

装配有O形圈气体密封系统的设备所处的环境温度。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

$b$	体积膨胀率，单位为%；
$d_1$	O形圈的内径；
$d_2$	O形圈的截面直径；
$F$	橡胶材料体积膨胀引起的沟槽填充率，单位为%；
$F_c$	通过橡胶材料体积膨胀校正的沟槽填充率，单位为%；
$V_O$	计算方法安装的O形圈体积；
$V_h$	沟槽体积。

4 结构、参数和型号

4.1 结构

O形圈的形状为环形结构，如图1所示。

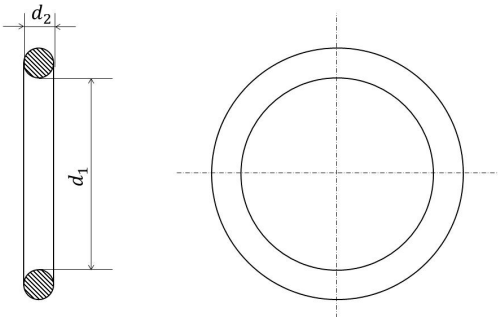


图 1 典型的 O 形圈结构

4.2 参数

4.2.1 内径  $d_1$ 、截面直径  $d_2$  和公差

高压氢设备用O形圈的内径 $d_1$ 和截面直径 $d_2$ 参照GB/T 3452.1，表2。

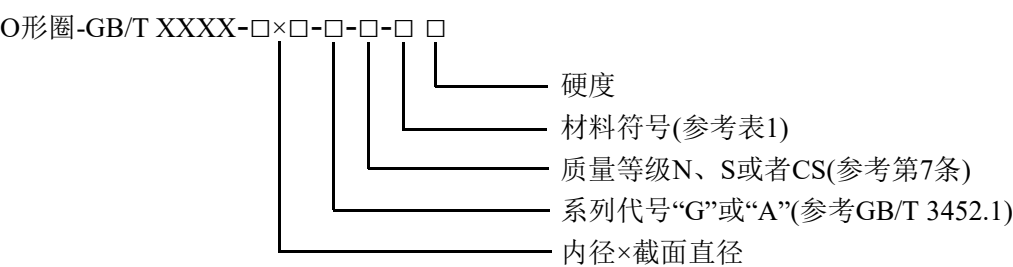
4.2.2 产品验收测量方法

当客户要求检查O形圈是否符合本文件规定时，检测方可根据ISO 3601-1:2012 附录B确定检验程序。

4.3 型号

4.3.1 尺寸标识

符合本文件的O形圈尺寸标识型号应由以下部分组成：



示例：一般用途的 O 形圈（G 系列）内径为 7.5 mm，截面直径为 1.8 mm，质量等级为 S，硬度为 70 的硫化三元乙丙橡胶，其型号标记为：O 形圈-GB/T XXXX-7.5×1.8-G-S-EPDM(S) 70。

4.3.2 标注说明

当选择遵守本文件时，建议制造商在试验报告、产品样本和销售资料中使用以下说明：“O形圈的尺寸和公差符合GB/T XXXX《氢气加氢站 第7部分:橡胶O形圈》”。

5 沟槽尺寸

5.1 O 形圈沟槽

按GB/T 3452.3规定进行设计。

当橡胶O形圈用作两个高压氢设备连接处的密封材料时，连接处的O形圈沟槽在装配完成后应符合本文件的规定。如果要连接的设备无法确定，即O形圈沟槽的完成状态无法确定，则此情况不在本文件的范围内。

注：每个高压氢设备标准都提供规定了涵盖O形圈及其沟槽的密封装置系统性能的要求。

5.2 要求

5.2.1 沟槽尺寸

按GB/T 3452.3第5条进行设计。

5.2.2 特殊的 O 形圈沟槽尺寸

对于GB/T 3452.3中表1至表13中未列出的沟槽尺寸，可参考GB/T 3452.3附录A进行O形圈沟槽设计。

5.2.3 沟槽填充率的确定

O形圈的沟槽填充率影响其径向密封性能，考虑到O形圈热膨胀、氢气暴露导致的体积溶胀和公差影响，已安装O形圈的沟槽填充率不应超过85%。采用GB/T 3452.3进行沟槽设计时，应根据高压氢循环期间橡胶材料的体积膨胀率对沟槽填充率进行校正。

校正后的沟槽填充率按公式（1）计算：

$$F_c(\%) = F(\%) \times b = (V_o \times \frac{b}{V_h}) \times 100 \cdots \cdots (1)$$

注：氢暴露后的体积膨胀率由橡胶复合材料的组成决定，与机械性能无关，力学性能相似的橡胶复合材料在氢暴露后的体积膨胀率不同。因此设计O形圈沟槽尺寸时，需要确定O形圈橡胶材料的精确体积膨胀率，并根据体积膨胀率调整沟槽填充率。

5.2.4 沟槽设计温度

本文件中的沟槽设计温度应为(30±3) °C。如需变更设计温度，应由相关方协商确定，但温度偏差应小于等于3°C。

6 质量检验标准

按GB/T 3452.2规定的质量检验标准进行验收。

7 抗挤压环（挡环）

如有必要，按GB/T 3452.4选择抗挤压环（挡环）。

8 橡胶材料规格

8.1 橡胶材料

高压氢气密封O形圈宜选用表1所列橡胶材料。

表 1 高压氢气密封 O 形圈橡胶材料

符号 <sup>a</sup>	橡胶基体	固化系统	国际硬度(IRHD) <sup>b</sup> /°
NBR S	丙烯腈-丁二烯	硫	70, 80, 90
NBR P	丙烯腈-丁二烯	过氧化物	70, 80, 90
FKM	碳氟化合物	无硫 <sup>c</sup>	70, 80, 90
EPDM P	乙烯-丙烯-二烯三元共聚物	过氧化物	70, 80, 90
VMQ	甲基乙烯基硅橡胶	无硫 <sup>c</sup>	70, 80
HNBR P	氢化丙烯腈丁二烯	过氧化物	80, 90
PU	聚氨酯	N/A <sup>d</sup>	95
<div><div><sup>a</sup> 符号根据 GB/T 5576 的基础聚合物和固化体系确定</div><div><sup>b</sup> 参照 GB/T 6031</div><div><sup>c</sup> 选择与基本聚合物相对应的特殊“无硫”固化体系</div><div><sup>d</sup> 热塑性橡胶</div></div>			

注：ISO 11114-2<sup>[2]</sup>也规定了非金属材料的选择。

8.2 固化体系

应根据橡胶类型和所需的性能选取固化方法。当采用硫化固化体系橡胶材料时，加氢站气态氢中的硫污染物不应超过0.004 μmol/mol。

8.3 O 形圈要求

加氢站用O形圈应符合表2的规定。  
O形密封圈的抽样规则应在订货时由制造商和采购商商定。  
O形圈的应力/应变和压缩变形试验方法应按照附录C规定进行。

表 2 O 形圈要求

		单 位	NBR S			NBR P			FKM			EPDM P			VMQ		HNBR		PU	测试方 法
硬度（IRHD）		°	70	80	90	70	80	90	70	80	90	70	80	90	70	80	80	90	95	GB/T 6031方 法CM
硬度 公差	$d_2 \geq 1.60$ mm	°	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	+5/-5	
	$d_2 < 1.60$ mm	°	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	+5/-8	
压 缩 变 形 最 大 值 $d_2 \geq 2.65$ mm, 72 <sup>0</sup> <sub>-2</sub> h		%	50	50	50	50	50	50	45	50	50	35	35	40	35	35	50	50	45	GB/T 7759.1 方法A
试验温度		°C	100	100	100	100	100	100	200	200	200	125	125	125	150	150	125	125	100	
压 缩 变 形 最 大 值 $d_2 < 2.65$ mm, 72 <sup>0</sup> <sub>-2</sub> h		%	50	50	50	50	55	60	45	50	50	35	35	40	45	45	50	50	45	
试验温度		°C	100	100	100	100	100	100	200	200	200	125	125	125	150	150	125	125	80	
注：对于所有 $d_2 < 1$ mm的值，暂无可靠的测量程序。																				

8.4 O 形圈材料的详细要求

高压氢设备用O形圈应进行机械性能试验、热老化试验、冷弹性试验和氢暴露试验，试验结果应满足表3至表8的要求。



表3 O形圈材料 NBR（硫化）

	特性	单位	试样	NBR S			测试方法
				70	80	90	
机械性能试验	硬度(IRHD) <sup>a</sup>	°	2 mm片材	70±5	80±5	90±5	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	70±5	80±5	90±5	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度最小值	MPa	2 mm片材	12	12	10	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	10	10	8	GB/T 5720
	断裂伸长率最小值	%	2 mm片材	250	200	125	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	200	160	100	GB/T 5720
	压缩变形最大值， 100 °C， 72 <sup>0</sup> -2 h	%	B 型试样 φ 13 mm×6.3 mm	40	40	40	GB/T 7759.1 方法A
			O形圈 <sup>b</sup>	50	50	50	GB/T 7759.1 方法A
热老化试验， 100 °C， 72 <sup>0</sup> -2 h GB/T 3512	硬度变化最大值	°	2 mm片材	+10	+10	+10	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	+10	+10	+10	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度变化最大 值	%	2 mm片材	-15	-20	-25	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-15	-20	-30	GB/T 5720
	断裂伸长率变化最 大值	%	2 mm片材	-45	-50	-55	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-55	-60	-65	GB/T 5720
冷弹性 TR10（低于）		°C	2 mm片材	-20	-20	-18	GB/T 7758
氢暴露试验， 30 °C， 24 <sup>0</sup> -2 h 附录A	氢暴露后试样外观	-	圆片 φ 13 mm×2 mm	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	附录B
	体积变化最大值	%	圆片 φ 13 mm×2 mm	60	60	60	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	60	60	60	附录A
	硬度变化	°	圆片 φ 13 mm×2 mm	±5	±5	±5	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	±5	±5	±5	附录A
<sup>a</sup> 硬度测试试样可采用 2 mm 片材或 O 形圈。							
<sup>b</sup> 横截面直径 $d_2=3.55$ mm 或者在 1.5 mm 和 4 mm 之间的 O 形圈可从 GB/T 3452.1 中选择。							
<sup>c</sup> 试样膨胀均匀，表面无明显裂纹和气泡，见附录 B。							

表4 O形圈材料 NBR（过氧化物固化）

	特性	单位	试样	NBR P			测试方法
				70	80	90	
机械性能	硬度(IRHD) <sup>a</sup>	°	2 mm片材	70±5	80±5	90±5	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	70±5	80±5	90±5	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度最小值	MPa	2 mm片材	12	12	10	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	10	10	8	GB/T 5720
	断裂伸长率最小值	%	2 mm片材	200	150	90	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	200	150	90	GB/T 5720
	压缩变形最大值， 100 °C， 72 <sup>0</sup> ·2 h	%	B 型试样 φ 13 mm×6.3 mm	40	40	40	GB/T 7759.1 方法A
			O形圈 <sup>b</sup>	50	50	50	GB/T 7759.1 方法A
热老化，100 °C， 72 <sup>0</sup> ·2 h GB/T 3512	硬度变化最大值	°	2 mm片材	+10	+10	+10	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	+10	+10	+10	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度变化最大值	%	2 mm片材	-15	-15	-25	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-15	-15	-30	GB/T 5720
	断裂伸长率变化最大 值	%	2 mm片材	-45	-45	-55	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-55	-55	-65	GB/T 5720
冷弹性 TR10（低于）		°C	2 mm片材	-20	-20	-18	GB/T 7758
氢暴露试验， 30 °C， 24 <sup>0</sup> ·2 h 附录A	氢暴露后试样外观	-	圆片 φ 13 mm×2 mm	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	附录B
	体积变化最大值	%	圆片 φ 13 mm×2 mm	60	60	60	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	60	60	60	附录A
	硬度变化	°	圆片 φ 13 mm×2 mm	±5	±5	±5	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	±5	±5	±5	附录A
<sup>a</sup> 硬度测试试样可采用 2 mm 片材或 O 形圈。							
<sup>b</sup> 横截面直径 d <sub>2</sub> =3.55 mm 或者在 1.5 mm 和 4 mm 之间的 O 形圈可从 GB/T 3452.1 中选择。当 O 形圈的截面直径 d <sub>2</sub> <2.65 mm 时，压缩变形最大值应按照表 2 规定。							
<sup>c</sup> 试样膨胀均匀，表面无明显裂纹和气泡，见附录 B。							

表 5 O 形圈材料 FKM

	特性	单位	试样	FKM			测试方法
				70	80	90	
机械性能	硬度(IRHD) <sup>a</sup>	°	2 mm片材	70±5	80±5	90±5	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	70±5	80±5	90±5	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度最小值	MPa	2 mm片材	10	10	8	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	8	8	8	GB/T 5720
	断裂伸长率最小值	%	2 mm片材	150	100	80	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	150	100	80	GB/T 5720
	压缩变形最大值， 200 °C， 72 <sup>0</sup> -2 h	%	B 型试样 φ 13 mm×6.3 mm	40	40	40	GB/T 7759.1 方法A
			O形圈 <sup>b</sup>	45	50	50	GB/T 7759.1 方法A
热老化, 230 °C， 72 <sup>0</sup> -2 h GB/T 3512	硬度变化最大值	°	2 mm片材	+5	+5	+5	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	+5	+5	+5	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度变化最大值	%	2 mm片材	-30	-40	-40	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-30	-40	-40	GB/T 5720
	断裂伸长率变化最大 值	%	2 mm片材	-25	-25	-25	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-30	-30	-30	GB/T 5720
冷弹性 TR10（低于）		°C	2 mm片材	-12	-12	-12	GB/T 7758
氢暴露试验， 30 °C， 24 <sup>0</sup> -2 h 附录A	氢暴露后试样外观	-	圆片 φ 13 mm×2 mm	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	附录B
	体积变化最大值	%	圆片 φ 13 mm×2 mm	50	50	50	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	50	50	50	附录A
	硬度变化	°	圆片 φ 13 mm×2 mm	±5	±5	±5	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	±5	±5	±5	附录A
<sup>a</sup> 硬度测试试样可采用 2 mm 片材或 O 形圈							
<sup>b</sup> 横截面直径 $d_2=3.55$ mm 或者在 1.5 mm 和 4 mm 之间的 O 形圈可从 GB/T 3452.1 中选择。							
<sup>c</sup> 试样膨胀均匀，表面无明显裂纹和气泡，见附录 B。							

表 6 O 形圈材料 EPDM (过氧化物固化)

	特性	单位	试样	EPFM P			测试方法
				70	80	90	
机械性能	硬度(IRHD) <sup>a</sup>	°	2 mm片材	70±5	80±5	90±5	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	70±5	80±5	90±5	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度最小值	MPa	2 mm片材	10	10	8	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	8	8	8	GB/T 5720 <sup>c</sup>
	断裂伸长率最小值	%	2 mm片材	150	120	80	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	150	120	80	GB/T 5720 <sup>c</sup>
	压缩变形最大值, 125 °C, 72 <sup>0</sup> -2 h	%	B 型试样 φ 13 mm×6.3 mm	25	25	30	GB/T 7759.1 方法A
			O形圈 <sup>b</sup>	35	35	40	GB/T 7759.1 方法A
热老化, 125 °C, 72 <sup>0</sup> -2 h GB/T 3512	硬度变化最大值	°	2 mm片材	+10	+10	+10	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	+10	+10	+10	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度变化最大值	%	2 mm片材	-15	-15	-15	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-15	-15	-15	GB/T 5720 <sup>c</sup>
	断裂伸长率变化最大 值	%	2 mm片材	-45	-45	-45	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-45	-45	-45	GB/T 5720 <sup>c</sup>
冷弹性 TR10（低于）		°C	2 mm片材	-40	-40	-40	GB/T 7758
氢暴露试验, 30 °C, 24 <sup>0</sup> -2 h 附录A	氢暴露后试样外观	-	圆片 φ 13 mm×2 mm	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	附录B
	体积变化最大值	%	圆片 φ 13 mm×2 mm	50	50	50	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	50	50	50	附录A
	硬度变化	°	圆片 φ 13 mm×2 mm	±5	±5	±5	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	±5	±5	±5	附录A
<sup>a</sup> 硬度测试试样可采用 2 mm 片材或 O 形圈。							
<sup>b</sup> 横截面直径 $d_2=3.55$ mm 或者在 1.5 mm 和 4 mm 之间的 O 形圈可从 GB/T 3452.1 中选择。							
<sup>c</sup> 试样膨胀均匀, 表面无明显裂纹和气泡, 见附录 B。							

表 7 O 形圈材料 VMQ

	特性	单位	试样	VMQ		测试方法
				70	80	
机械性能	硬度(IRHD) <sup>a</sup>	°	2 mm片材	70±5	80±5	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	70±5	80±5	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度最小值	MPa	2 mm片材	6	4	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	5	3	GB/T 5720
	断裂伸长率最小值	%	2 mm片材	150	100	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	125	80	GB/T 5720
	压缩变形最大值, 150 °C, 72 <sup>0</sup> -2 h	%	B 型试样 φ 13 mm×6.3 mm	30	30	GB/T 7759.1 方法A
			O形圈 <sup>b</sup>	35	35	GB/T 7759.1 方法A
热老化, 150 °C, 72 <sup>0</sup> -2 h GB/T 3512	硬度变化最大值	°	2 mm片材	+10	+10	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	+10	+10	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度变化最大值	%	2 mm片材	-10	-10	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-15	-15	GB/T 5720
	断裂伸长率变化最大 值	%	2 mm片材	-25	-30	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-25	-35	GB/T 5720
冷弹性 TR10（低于）		°C	2 mm片材	-40	-40	GB/T 7758
氢暴露试验, 30 °C, 24 <sup>0</sup> -2 h 附录A	氢暴露后试样外观	-	圆片 φ 13 mm×2 mm	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	附录B
	体积变化最大值	%	圆片 φ 13 mm×2 mm	25	25	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	25	25	附录A
	硬度变化	°	圆片 φ 13 mm×2 mm	±5	±5	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	±5	±5	附录A
<sup>a</sup> 硬度测试试样可采用 2 mm 片材或 O 形圈。						
<sup>b</sup> 横截面直径 $d_2=3.55$ mm 或者在 1.5 mm 和 4 mm 之间的 O 形圈可从 GB/T 3452.1 中选择。当 O 形圈的截面直径 $d_2<2.65$ mm 时, 压缩变形最大值应按照表 2 规定。						
<sup>c</sup> 试样膨胀均匀, 表面无明显裂纹和气泡, 见附录 B。						

表 8 O 形圈材料 HNBR

	特性	单位	试样	HNBR		测试方法
				80	90	
机械性能	硬度(IRHD) <sup>a</sup>	°	2 mm片材	80±5	90±5	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	80±5	90±5	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度最小值	MPa	2 mm片材	16	16	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	14	13	GB/T 5720
	断裂伸长率最小值	%	2 mm片材	150	125	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	125	100	GB/T 5720
	压缩变形最大值， 125 °C， 72 <sup>0</sup> -2 h	%	B 型试样 φ 13 mm×6.3 mm	45	45	GB/T 7759.1 方法A
			O形圈 <sup>b</sup>	50	50	GB/T 7759.1 方法A
热老化，125 °C， 72 <sup>0</sup> -2 h GB/T 3512	硬度变化最大值	°	2 mm片材	+8	+8	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	+8	+8	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度变化最大值	%	2 mm片材	-25	-30	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-30	-30	GB/T 5720
	断裂伸长率变化最大 值	%	2 mm片材	-40	-40	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-50	-50	GB/T 5720
冷弹性 TR10（低于）		°C	2 mm片材	-15	-15	GB/T 7758
氢暴露试验， 30 °C， 24 <sup>0</sup> -2 h 附录A	氢暴露后试样外观	-	圆片 φ 13 mm×2 mm	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	附录B
	体积变化最大值	%	圆片 φ 13 mm×2 mm	60	60	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	60	60	附录A
	硬度变化	°	圆片 φ 13 mm×2 mm	±5	±5	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	±5	±5	附录A
<sup>a</sup> 硬度测试试样可采用 2 mm 片材或 O 形圈。 <sup>b</sup> 横截面直径 $d_2=3.55$ mm 或者在 1.5 mm 和 4 mm 之间的 O 形圈可从 GB/T 3452.1 中选择。 <sup>c</sup> 试样膨胀均匀，表面无明显裂纹和气泡，见附录 B。						

表 9 O 形圈材料 PU

	特性	单位	试样	PU	测试方法
				95	
机械性能	硬度(IRHD) <sup>a</sup>	°	2 mm片材	95±5	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	95±5	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度最小值	MPa	2 mm片材	25	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	25	GB/T 5720
	断裂伸长率最小值	%	2 mm片材	400	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	400	GB/T 5720
	压缩变形最大值，80 °C， 72 <sup>0</sup> -2 h	%	B 型试样 φ 13 mm×6.3 mm	45	GB/T 7759.1 方法A
			O形圈 <sup>b</sup>	45	GB/T 7759.1 方法A
热老化，80 °C， 72 <sup>0</sup> -2 h GB/T 3512	硬度变化最大值	°	2 mm片材	+5	GB/T 6031 方法M
			O形圈 <sup>b</sup>	+5	GB/T 6031 方法CM
	拉伸强度变化最大值	%	2 mm片材	-10	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-10	GB/T 5720
	断裂伸长率变化最大值	%	2 mm片材	-10	GB/T 528
			O形圈 <sup>b</sup>	-10	GB/T 5720
冷弹性 TR10（低于）		°C	2 mm片材	-25	GB/T 7758
氢暴露试验， 30 °C，24 <sup>0</sup> -2 h 附录A	氢暴露后试样外观	-	圆片 φ 13 mm×2 mm	- <sup>c</sup>	附录B
	体积变化最大值	%	圆片 φ 13 mm×2 mm	25	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	25	附录A
	硬度变化	°	圆片 φ 13 mm×2 mm	+5	附录A
			O形圈 <sup>b</sup>	+5	附录A
<sup>a</sup> 硬度测试试样可采用 2 mm 片材或 O 形圈。					
<sup>b</sup> 横截面直径 $d_2=3.55$ mm 或者在 1.5 mm 和 4 mm 之间的 O 形圈可从 GB/T 3452.1 中选择。					
<sup>c</sup> 试样膨胀均匀，表面无明显裂纹和气泡，见附录 B。					

## 9 使用说明

## 9.1 总则

O形圈制造商应向用户提供O形圈说明书。

O形圈的说明书至少应包括下列内容：

- a) 储存要求
- b) 包装日期、检验日期或制造日期。

## 9.2 使用前检查

用户需确保拆封后O形圈满足使用寿命或储存要求。

在装配前，用户应检查O形圈确认其满足使用要求。



附 录 A  
(规范性)  
氢暴露试验方法

## A.1 试样

### A.1.1 试样数量

氢暴露试验的试样应不少于3个，试样应采用与O形圈材料一致的橡胶复合材料制备。

### A.1.2 试样要求

将获得的橡胶复合材料混合物在模具中通过适当的条件硫化得到 $(2\pm 0.2)$  mm厚的片材，取 $\Phi(13\pm 0.5)$  mm $\times(2\pm 0.25)$  mm的圆片状试样，根据GB/T 3452.1选择截面直径 $d_2=3.55$  mm或 $d_2$ 在1.5 mm和4 mm之间的O形圈试样用于氢暴露及快速气体减压试验。

A.1.3 氢气暴露试验前，应按附录A.3和附录A.4测量制备试样的体积和硬度。

## A.2 氢暴露及快速气体减压试验（RGD）

### A.2.1 试验装置

试验应采用耐压设计合理、加压管路上装有压力计和热电偶的高压氢气容器。为获得较快的加压速率并减缓减压过程中的温降，可在容器内填充铝等稳定材料以减少死区容积。

### A.2.2 试验程序

A.2.2.1 在氢气加压前宜采用惰性气体在试验压力下对氢气容器及完整系统进行泄漏检测。将包含试样的装置系统用惰性气体逐步加压至试验压力，确保空气完全排出，通过氢气或氢气泄漏检测进行控制。完成泄漏检测后，缓慢减压装置系统。加压和减压速率不得超过1 MPa/min。

A.2.2.2 氢暴露及快速气体减压试验应按以下步骤进行：

- a) 将放置试样的容器用 $(1\pm 0.5)$  MPa~ $(3\pm 0.5)$  MPa的惰性气体置换三次，彻底排除空气；
- b) 用氢气加压至试验压力。试验压力应大于设备的最大工作压力（MOP），但不得超过设备的最大允许工作压力（MAWP）。
- c) 24<sup>0</sup> h后，容器内压力应在10秒内减压至试验压力的一半以下，继续减压至压力低于1 MPa后，用 $(1\pm 0.5)$  MPa~ $(3\pm 0.5)$  MPa的惰性气体置换容器内残余氢气三次，确保安全打开容器。（注1）

A.2.2.3 在恒定氢气压力暴露下，应控制容器中的温度为 $(30\pm 3)$  °C。30 °C的环境温度可由相关方协商变更，但 $\pm 3$  °C的容差应保持不变。（注2）

注1：RGD试验单元须用阀门隔离。对其上游装置可先进行缓慢减压，或用惰性气体进行置换，从而缩短容器开启时间。

注2：材料的氢扩散系数易受到氢暴露温度影响。当氢气暴露试验温度低于常温时，试样氢饱和时间可能大于24 h。

## A.3 体积变化率测试

A.3.1 试样的体积应在氢气暴露前和高压氢气容器内氢气压力减压后（15~20）min内测量。

A.3.2 圆片状试样和O形圈试样的体积变化率可以通过使用光学显微镜或其他合适的测量仪器测量试样的尺寸并计算。

A.3.3 圆片状试样宜采用其底面积的3/2次方或通过光学测量系统以0.1 mm精度测量的圆片状试样直径来计算试样体积（参考ISO 1817:2024<sup>[3]</sup>，9.6）。

圆片状试样氢气暴露后的体积变化率按公式（A.1）计算：

$$b = \left[ \left( \frac{A_{\text{后}}}{A_{\text{前}}} \right)^{3/2} - 1 \right] \times 100 = \left[ \left( \frac{d_{\text{后}}}{d_{\text{前}}} \right)^3 - 1 \right] \times 100 \cdots \cdots (A.1)$$

式中：

- $b$  圆片状试样的体积变化率，单位为%；
- $A_{\text{后}}$  氢暴露后圆片状试样的底面积，单位为 $\text{mm}^2$ ；
- $A_{\text{前}}$  氢暴露前圆片状试样的底面积，单位为 $\text{mm}^2$ ；
- $d_{\text{后}}$  氢暴露后圆片状试样的直径，单位 $\text{mm}$ ；
- $d_{\text{前}}$  氢暴露前圆片状试样的直径，单位 $\text{mm}$ 。

O形圈氢气暴露后的体积变化率按公式（A.2）计算：

$$b_{\text{or}} = \left\{ \left[ \frac{0.25\pi^2 (d_{1\text{后}} + d_{2\text{后}}) d_{2\text{后}}^2}{0.25\pi^2 (d_{1\text{前}} + d_{2\text{前}}) d_{2\text{前}}^2} \right] - 1 \right\} \times 100 \cdots \cdots (A.2)$$

式中：

- $b_{\text{or}}$  O形圈试样的体积变化率，单位为%；
- $d_{1\text{后}}$  氢暴露后O形圈试样的内径，单位 $\text{mm}$ ；
- $d_{1\text{前}}$  氢暴露前O形圈试样的内径，单位 $\text{mm}$ ；
- $d_{2\text{后}}$  氢暴露后O形圈试样的截面直径，单位 $\text{mm}$ ；
- $d_{2\text{前}}$  氢暴露前O形圈试样的截面直径，单位 $\text{mm}$ 。

A.3.4 在采用公式（A.1）和公式（A.2）计算试样体积变化率时，假设试样体积均匀变化。体积变化应在减压后的（15~20）min 和（60±5）min 时分别记录。在起始时间与（60±5）min 之间可进行中间测量，以确定最大体积变化。

注：确定试样的最大体积变化率需明确试样体积变化率随减压后时间演变关系。不同材料减压后出现最大体积变化率的时间不同。

#### A.4 硬度测试

试样的硬度应在氢暴露前和在高压氢气容器中氢气减压后24<sup>0</sup><sub>2</sub> h内测量。硬度测量应按照GB/T 6031规定的方法M或CM进行。硬度变化值计算为减压后24<sup>0</sup><sub>2</sub> h的硬度与暴露于氢之前的硬度之差。

附录 B  
(规范性)  
氢暴露试样外观检验标准

B.1 试样

B.1.1 试样数量

氢暴露试验的试样应不少于3个，试样应采用与O形圈材料一致的橡胶复合材料制备。

B.1.2 试样要求

将获得的橡胶复合材料混合物在模具中通过适当的条件硫化得到 $(2\pm0.2)$  mm厚的片材，取 $\Phi(13\pm0.5)$  mm $\times(2\pm0.2)$  mm的圆片状试样。

B.2 氢暴露

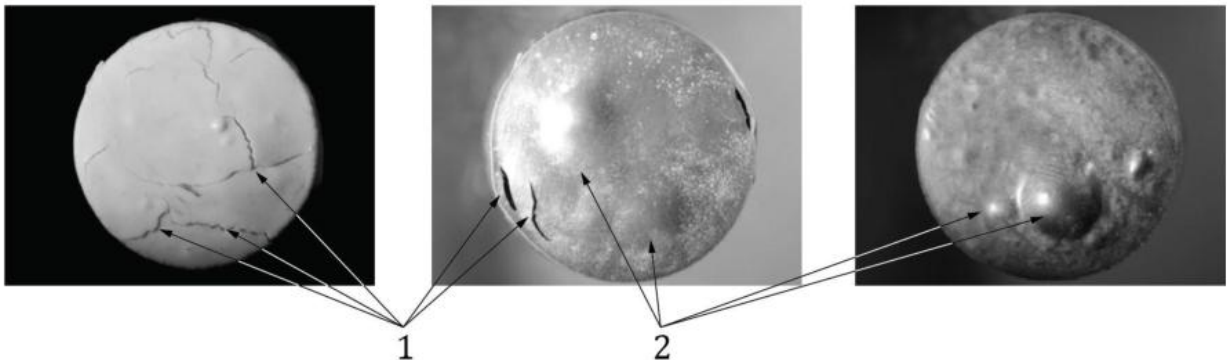
按照附录A.2规定对试样进行氢暴露试验（RGD）。  
附录B所述试验方法用的设备应按GB/T 25269进行校准。

B.3 外观检验

- B.3.1 在光照充足时用光学显微镜观察氢暴露后的试样（2倍倍率），试样应均匀膨胀且未出现明显裂纹。如有其他观察方法，应由相关方协商确定。
- B.3.2 分别在减压后（15~20）min 和（60±5）min以图像形式记录试样外观。

B.4 合格指标

试样表面未出现裂纹和鼓泡。依据附录A进行H70等级暴露试验后，试样上的典型损伤如图B.1所示。表面裂纹与鼓泡为橡胶材料的典型破坏形式（H70等级参见ISO 19880-1:2020<sup>[4]</sup>，表1）。



标引序号说明：  
1——表面裂纹；  
2——氢鼓泡。

图 B.1 90 MPa 氢气暴露后试样损坏示例

注：确定试样的最大体积变化率需明确试样体积变化率随减压后时间演变关系。不同材料减压后出现最大体积变化率的时间不同。

附录 C  
(资料性)  
O 形圈应力/应变和压缩变形试验

C.1 概述

橡胶片材无法准确反映O形圈的性能特性，特别是应力/应变性能，因此应对O形圈进行测试。

C.2 试样尺寸

C.3 测试方法

C.3.1 应力/应变试验

C.3.1.1 对于满足表 C.1 的尺寸要求的 O 形圈，应按照 GB/T 3452.1 采用成品 O 形圈作为试样。

表 C.1 O 形圈测试尺寸

O形圈横截面直径 (mm)	O形圈内径范围 (mm)
1.8	[7.5, 50]
2.65	[10.6, 150]
3.55	[18, 150]
5.3	[40, 147.5]
7	[109, 265]

C.3.1.2 对于不满足表 C.1 尺寸要求的 O 形圈，需采用特殊夹具或采用与成品 O 形圈材料批次和硫化状态相同的标准 O 形圈进行测试（规格为 25 mm×3.55 mm）。

C.3.1.3 根据 GB/T 5720 第 5.2.3.3 条规定，O 形圈的拉伸试验应在应变速率（500±50）mm/min 下进行。

C.3.1.4 试验前应验证力传感器的量程范围，确保所用试验机应能适应试样的伸长量。

C.3.1.5 对于大内径 O 形圈，应增加试样数量以考虑批间差异，从而更准确评估材料及成品 O 形圈的性能。

C.3.2 压缩变形试验

C.3.2.1 应采用成品 O 形圈作为试样。

C.3.2.2 应测试与实际应用 O 形圈截面直径相同的试样。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 3452.5 液压气动用 O 形橡胶密封圈 第 5 部分：弹性体材料规范
- [2] ISO 11114-2, Gas cylinders — Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents — Part 2: Non-metallic materials
- [3] ISO 1817:2024, Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of the effect of liquids
- [4] ISO 19880-1:2020, Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 1: General requirements